UNIVERSITE DE PARIS V . RENE DESCARTES

FACULTE DE MEDECINE COCHIN PORT-ROYAL

Année 1975

N° 1710

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

TOUBIANA Marie-France, ép. GENNISSON

née le 24 Février 1947 à Menton

Présentée et soutenue publiquement le 1975

Etude comparative des résultats fournis dans les bilans fonctionnels pulmonaires par la scintigraphie de perfusion à l'Iode 131 et la bronchospirométrie séparée. A propos de 48 observations.

Président : Monsieur B. KREIS, Professeur

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548124_0019

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

UNIVERSITE DE PARIS V . RENE DESCARTES

FACULTE DE MEDECINE COCHIN PORT-ROYAL

Année 1975 N°

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

TOUBIANA Marie-France, ép. GENNISSON

née le 24 Février 1947 à Menton

Présentée et soutenue publiquement le 1975

Etude comparative des résultats fournis dans les bilans fonctionnels pulmonaires par la scintigraphie de perfusion à l'Iode 131 et la bronchospirométrie séparée. A propos de 48 observations.

Président : Monsieur B. KREIS, Professeur

A Monsieur le Professeur B. KREIS

qui a bien voulu accepter la présidence de notre thèse, qu'il veuille trouver ici le témoignage de notre reconnaissance pour le précieux enseignement reçu dans son service, et l'expression de notre plus profond respect.

A Monsieur le Docteur IOANNOU

qui nous a conseillé dans le choix et la réalisation de notre thèse. Qu'il veuille accepter toute notre reconnaissance et notre respect.

Au docteur P. CHADOURNE

qui nous a fait l'honneur de nous acceuillir au Centre de Pneumologie de Chevilly-Larue.

Au Docteur G. PARENT

Au Docteur DUCHET - SUCHAUX

qui nous ont aidé de leur précieux conseils.

A mon Fils

A mon Mari

A mes Parents

A mes Beaux-Parents

S O M M A I R E

I) Introduction

II) Historique

III) Techniques

A) Scintigraphie :

a) appareillage

b) enregistrement

c) remarques

B) Bronchospirométrie séparée

a) préparation du sujet

b) mise en place de la sonde

c) enregistrement

IV) Tableau des Résultats

V) Récapitulation Globale des Résultats

VI) Deux observations essentielles

VII) Conclusion

I) INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, les progrès de la technique ont permis la mise au point de méthodes d'exploration pulmonaire multiples et variées. Les bilans fonctionnels pulmonaires jusqu'alors essentiellement constitués par la bronchospirométrie globale et séparée se sont enrichis par l'apparition de la scintigraphie de perfusion grace aux travaux de TAPLIN (1963).

Les deux techniques ont pour but d'explorer la perfusion d'un poumon par rapport à l'autre.

La bronchospirométrie utilise pour ce faire le biais de la consommation globale d'oxygène de chaque poumon.

La scintigraphie de perfusion objective plus directement les irrégularités topographiques dans chaque poumon, ceci par la quantité de macro-agrégats d'albumine humaine marquée à l'iode 131 embolisée dans une partie des pré-capillaires pulmonaires.

Il est tentant de penser que la scintigraphie de perfusion, anodine et confortable, pourrait dans la pratique courante se substituer à la bronchospirométrie séparée de réalisation plus délicate.

Ce serait admettre implicitement que les deux examens apportent toujours des résultats identiques.

L'étude de 43 dossiers de patients hospitalisés au Centre de Pneumotologie de Chevilly-Larue, et ayant tous subi à quelques jours d'intervale les deux examens, est loin d'établir une concordance absolue.

...

Ce problème déjà soulevé par J. IOANNOU et Collaborateurs en 1969 semble pouvoir trouver une solution dans le domaine de l'hémodynamique.

En effet, la pratique, chez quelques uns des malades suivis, d'une angiographie pulmonaire et d'une prise des pressions dans les cavités cardiaques droites et dans les artères pulmonaires, amène à penser que les discordances entre les deux méthodes sont imputables à une différence de conditions hémodynamiques au cours des enregistrements.

C'est cette hypothèse que nous allons exposer dans ce travail.

II) HISTORIQUE

Les premières expérimentations spirométriques dans l'appréciation fonctionnelle de la ventilation pulmonaire remontent aux travaux de Cl. BERNARD sur l'animal en 1869.

Les premiers travaux en clinique humaine furent effectués par JACOBAEUS BJORKMAN et FRENCKNER en 1932.

Ils utilisaient un bronchoscope simple rigide introduit à tour de rôle dans chaque bronche souche. Dans le cathéter, ils passaient un ballonnet gonflable qui obstruait la bronche, et l'air venant de l'autre bronche s'échappait par l'espace libre entre le tube et les parois de la trachée.

L'air était recueilli par un masque relié à un spirographe.

Divers cathéters à canalisation unique furent mis au point, notamment par Jacques ARNAUD, NORRIS et CROCE.

Aucun de ces cathéters ne permettait un recueil valable de l'air circulant, car les fonctions ventilatoires étaient complètement bouleversées par l'appareillage.

En 1934, BJORKMAN utilisa le premier bronchoscope double permettant l'étude séparée et simultanée de la ventilation dans les deux poumons. Chaque tubulure était relié à un spirographe indépendant.
On put dès lors évaluer pour chaque poumon :

- la ventilation minute
- la capacité vitale
- la consommation d'oxygène
- l'équivalent respiratoire

...

- le volume résiduel.

Mais ce type de cathéter était rigide, et par conséquent très inconfortable pour le patient.

C'est en 1939, que GEBAUER conçut une sonde souple en latex. L'introduction de son extrémité était facilité par sa courbure vers la gauche, et un orifice latéral correspondait à la bronche souche droite. Deux ballonnets extérieurs assuraient l'étanchéité au niveau de la bronche gauche et de la trachée. Cette sonde avait le défaut d'être difficile à mettre en face de la bronche droite. De plus, le calibre des canalisations offrait une résistance importante à l'air courant.

ZAVOD, WRIGHT et MICHELSON, et BERGAN réalisèrent des sondes souples améliorées, mais ce n'est qu'avec la sonde de CARLENS (1949) que les mesures des paramètres ventilatoires furent vraiment précises.

La sonde de CARLENS reste la meilleure de nos jours, et est toujours très utilisée dans les laboratoires de pneumo-pathologie respiratoire, du fait de sa relative facilité de mise en place grace à l'ergot qui la bloque sur la carène, et de sa faible résistance à l'air courant.

L'exclusion unilatérale était tentée dès 1940 par JACOBAEUS et BRUCE, puis en 1942 par WRIGHT et WOODRUFF, et en 1945 par WHITEHEAD.
Les problèmes techniques n'avaient pas permis le développement de la méthode. C'est la sonde de CARLENS qui permit à P. TULOU et J. ARNAUD de réaliser une exclusion unilatérale correcte, et, la manoeuvre reste connue sous le nom d'épreuve d'ARNAUD.

...

En 1950, les premières épreuves d'effort furent pratiquées par BJORKMAN CARLENS, mais ne débouchèrent sur aucune application pratique.

Durant les années 1950 les publications se multiplient. Ainsi, en 1953, les physiologistes SADOUL, CARA, et BRAUN rapportent leur expérience personnelle de la bronchospirométrie séparée.

En 1955, BRILLE, HATZFELD, et KOURILSKY concluent de l'étude de 300 observations, que l'exclusion fonctionnelle unilatérale permet de prévoir l'adaptation d'un poumon à la suppression temporaire de l'autre.

La bronchospirométrie séparée devient peu à peu indispensable et nombreux sont les services qui la pratiquent.

P. CHADOURNE et A. PINELLI décrivent en 1958 les tracés obtenus après amputation accidentelle de la circulation pulmonaire.

L'hypoxie est à nouveau étudiée par CASTILLON DU PERRON (1959) puis par R. CHEVAIS et Coll. (1962).

Le pronostic d'exérèse des cancers bronchiques est particulièrement étudié par H. BROCARD d'une part, et par J. LECHIEN d'autre part, en 1963.

C'est à cette époque qu'un examen pulmonaire jusqu'à lors expérimental prend un grand essort ; la Scintigraphie de perfusion.

L'utilisation des corps radio-actifs pour l'exploration pulmonaire avait été envisagé dès 1927 par BLUMGART et WEISS.

...

En 1946, LOBSON avait essayé d'utiliser le radio-phosphate de chrome colloïdal, et HAYNIE des micro-sphères de céramique marquées au Hg 203.

KNIPPING avait décrit en 1955 la "radiothoracographie" au Xénon 133 qui utilisait 16 compteurs GEIGER-MULLER comme dispositif de lecture.

Divers corps radio-actifs avaient été essayés :

- L'oxygène 15 par WEST et coll. en 1960 ;
- Le Krypton 85 par GUTNER d'une part, et VERNEJOUL d'autre part également en 1960.

Enfin BATES avait repris les études faites avec le Xénon 133, et montré ses incontestables qualités pour l'étude régionale de la circulation pulmonaire.

Mais tous les chercheurs avaient été gênés par l'impossibilité de fixer le traceur suffisamment longtemps dans les capillaires pulmonaires pour permettre l'enregistrement, non plus par les compteurs GEIGER-MULLER, mais par le détecteur à balayage déjà utilisé pour d'autres organes.

La solution du problème fut apportée par TAPLIN en 1963. Il eut l'idée de fixer de l'Iode 131 sur les macro-agrégats de sérum albumine humaine utilisés par HALPERN depuis 1956 pour l'étude du système réticulo-endothélial.

Les particules, de taille optimale 50 microns étaient et sont toujours injectées par voie intra-veineuse dans une veine périphérique. Leur dilution dans la circulation est immédiate, et dès le premier passage dans les capillaires pulmonaires, une grande partie d'entre-eux est micro-embolisée. On peut dès lors commencer l'enregistrement. L'Iode 131 émet un rayonnement Gamma de 364 KeV, et de période de 8 jours.
La dose totale injectée étant en moyenne de 300 microcuries, l'irradiation pulmonaire est faible (1,9 rad)

...

et est très peu dangereuse.

Les risques sont nuls avec de si faibles doses, mais on note au désavantage de la méthode qu'elle bloque la thyroïde pour plusieurs mois, et l'impossibilité de faire des enregistrements de profil en raison du trop grand rayon d'émission de l'isotope, qui entraine la superposition des deux côtés.

La destruction des macro-agrégats est relativement rapide, on a constaté que environ la moitié des particules est fractionnée et éliminée du champ pulmonaire en deux heures. On commence alors à enregistrer une émission radio-active au niveau du foie. Quand à l'isotope, il est éliminé par les reins.

Ce nouveau produit radio-actif permit d'obtenir une cartographie de la même dimension que le champ pulmonaire, formée de frappes noires dont la densité était proportionnelle à la radiation détectée. On appréciat la radio-activité par comptage.

En 1964, QUINN et WAGNER appliquèrent cette technique au diagnostic des embolies pulmonaires massives.

L'essor technique mit à la disposition des cliniciens en 1966 le scanning en couleurs qui permit une lecture plus rapide des cartographies avec une appréciation des valeurs aussi bonne que le fastidieux comptage externe.

Les premières comparaisons avec la bronchospirométrie séparée sont dès lors possibles, et présentées aux Journées de Colmar en 1967 et 1968 GEST, MONOD et Collaborateurs, ainsi que P. FREOUR estiment que la consommation d'oxygène au cours des épreuves ventilatoires est en parfaite concordance avec la radio-activité enregistrée au cours de la scintigraphie à l'Iode 131.
Cependant, ils soulignent que bien qu'ayant l'avantage de la facilité, la méthode isotopique semble devoir se limiter à la recherche de territoirres mal vascularisés, et qu'aucune approche diagnostique n'est possible en ce

qui concerne le siège, et la nature organique ou fonctionnelle des lésions.

Les années suivantes, les recherches continuent tant dans le domaine de la spirométrie que de la scintigraphie.

Dans le domaine de la bronchospirométrie, on remarque les travaux de J. IOANNOU, L. DUCHET-SUCHAUX G. PARENT et P. CHADOURNE.

En 1968, ils mettent l'accent sur l'intérêt de l'épreuve d'effort au cours des tests ventilatoires

En 1969, ils sont les premiers à se demander si la scintigraphie de perfusion peut valablement remplacer la bronchospirométrie séparée dans le bilan fonctionnel des bronchopneumopathies chroniques.

En 1971, B. RANSON-BITKER et Coll. rapportent leur expérience de l'influence des données spirométriques sur l'indication opératoire, et de la concordance de ces données avec le résultat fonctionnel post-opératoire.

Dans le domaine de la scintigraphie, la mise au point de la caméra à scintillation permet d'écourter considérablement la durée de l'enregistrement. Le recueil des radiations est meilleur car cette caméra est beaucoup plus sensible que le scanner à balayage. Enfin, on obtient des cartographies de taille réduite beaucoup moins encombrantes.

Ce nouvel appareillage à largement contribué à l'expansion des recherches.

Les gaz radio-actifs administrés en aérosols et notamment le Xénon 133, sont à nouveau utilisés, avec succès cette fois.

Les macro-agrégats sont toujours très utilisés. STERN et Coll. remplacent l'Iode 131 par le Technétium 99m qui émet un rayonnement gamma de 140 KeV et de période de 6 heures. Son rayonnement limité permet les enregistre-

...

ments de profil, sans être gênés par l'émission du côté opposé. L'irradiation est également très faible : 72 milliards. Le Technetium est éliminé par les reins après passage dans le foie.

En 1970, lors des réunions de la Société Française de Pathologie Respiratoire, O. MONOD et ses collaborateurs essaient de définir les indications et les limites de la scintigraphie au bi-chlorure de mercure. Cet isotope à l'intérêt de se fixer électivement sur les zones néoplasiques pulmonaires, il donne ainsi une image positive des masses tumorales.

Les techniques d'exploration pulmonaire sont très diverses actuellement, et nous trouvons au premier rang de celles-ci, la bronchospirométrie d'une part, et les multiples scintigraphies d'autre part.

A Chevilly-Larue, les bilans fonctionnels pulmonaires fonctionnels ou pré-opératoires comportent presque tous une bronchospirométrie séparée et une scintigraphie de perfusion à l'Iode 131.

La présence conjointe de ces deux examens dans nos dossiers nous a montré parfois une certaine discordance des résultats, et nous a amené à en rechercher l'explication.

Ce travail repose sur l'étude de 48 dossiers de malades hospitalisés au Centre de Pneumologie de Chevilly-Larue.

Il s'agit de 7 hommes et de 41 femmes dont l'âge varie de 19 à 63 ans, et ayant tous été explorés par scintigraphie de perfusion et par bronchospirométrie séparée à quelques jours d'intervalle.

Les scintigraphies ont été pratiquées dans le service du Professeur GUERIN au Centre d'Explorations Fonctionnelles de la Fédération Mutualiste de la Seine.

Les bronchospirométries ont toutes été pratiquées au Centre de Pneumologie de Chevilly-Larue.

Les affections dont souffraient les malades se répartissent comme suit :

- 39 tuberculoses pulmonaires parenchymateuses
- 1 cas de séquelles de tuberculose avec thoracoplastie
- 2 cas de pyothorax enkysté tuberculeux ayant nécessité une décortication
- 5 cancers bronchopulmonaires
- 1 protéinose pulmonaire

A) Les techniques :

1 - La scintigraphie

Le patient ne reçoit aucune prémédication avant d'être installé sous l'appareil d'enregistrement. En règle générale, il est couché en décubitus dorsal puis ventral, afin d'enregistrer la radio-activité émise par les faces dorsale puis ventrale.
On note dès maintenant que l'examen ne requiert aucune coopération de la part du malade qui se trouve au repos.

...

Ceci à l'avantage de permettre la pratique de cet examen même chez des sujets très fatigués.

a) L'appareillage :

Il comprend d'abord un détecteur à balayage monté sur un ensemble mécanique permettant son déplacement à vitesse variable. Il est suivi d'une chaine électronique comportant un amplificateur, un spectromètre, et un diviseur périodique de fréquence. Enfin, le dernier maillon de la chaine est formé par le dispositif d'inscription par frappes.

b) L'enregistrement :

Le malade reçoit l'isotope par voie intraveineuse. Dans les cas envisagés ici, c'est de l'iode 131 fixé sur des macro-agrégats de sérum albumine humaine. La taille moyenne des particules est de 50 microns, et la dose totale est de 300 millicuries, dose adaptable à la corpulance du sujet.

Dès le premier passage dans les capillaires pulmonaires, la plus grande partie des macro-agrégats va être embolisée dans un grand nombre de pré-capillaires de diamètre inférieur à 50 microns, et y rester plusieurs heures. Par la suite, les macro-agrégats de sérum-albumine seront fractionnés et détruits par le système réticulo-endothélial. L'isotope sera éliminé par les reins.

La durée de l'enregistrement est environ de 45 minutes au total pour les deux faces.

L'image obtenue est de taille égale à celle des zones explorées. Elle est produite simultanément sur film radiographique en noir et blanc, et sur papier en couleurs.

...

Le nombre de frappes s'élève avec la radio-activité, et avant l'emploi des couleurs, on pouvait apprécier la radio-activité par la densité des frappes ou même par comptage.

Les variations de couleurs donnent, par un simple regard, une idée d'ensemble de la radio-activité, et évite le fastidieux comptage. Les zones les plus "chaudes" sont frappées en rouge, et avec la baisse de la radio- activité, on passe du rouge au jaune, puis vert, bleu, violet et noir.

e) Plusieurs remarques s'imposent :

- tout d'abord le rouge ne correspond pas à un taux de radio-activité fixe, mais seulement au maximum enregistré par le détecteur pour le sujet examiné. Il ne saurait donc permettre de comparaisons d'un sujet à l'autre quand à la valeur quantitative de la radio-activité.

- de plus, le rouge ne correspond pas non plus à un nombre de frappes fixe car celui-ci peut varier pour ce point le plus chaud de 10.000 à 30.000 coups par minute. Il en va de même pour les autres couleurs.

Au total, on ne peut établir de concordance entre le nombre de frappes et les couleurs tant les variations des deux sont grandes.

Par ailleurs, certains travaux ont fait état du bruit de fond provenant du coté opposé, et qui peut produire une radio-activité allant jusqu'à 5 % dans des zones anatomiquement vides. Nous n'avons pas observé ce phénomène lors des scintigraphies que nous avons fait pratiquer.

...

Malgré toutes ces critiques, la scintigraphie de perfusion est un examen extrêmement utile, dans les bilans fonctionnels ou préopératoires. Sa qualité essentielle tient à la facilité de sa réalisation notamment chez des sujets très fatigués, car elle ne demande aucune coopération au malade. Nous verrons plus loin que cet argument peut aussi être retourné contre la scintigraphie.

On doit également souligner la rapidité de lecture de la scintigraphie grace à l'emploi des couleurs, et enfin son excellente reproductibilité.

2 - La bronchospirométrie séparée :

est précédée quelques jours auparavant par une spirométrie globale qui sert de référence, et qui a aussi l'intéret de familiariser le patient avec le spirographe.

Dans le cas de patients présentant un syndrome de suppuration bronchique chronique ou de surinfection, on doit prévoir un traitement anti-infectieux préalable, afin de limiter les sécrétions qui pourraient fausser ou même rendre impossible la pratique de l'examen.

a) La préparation du sujet :

La préparation propement dite commence la veille de l'examen par la prise de sédatifs. Généralement, on peut se contenter de la prise de Théralène (1 suppositoire), ou d'un autre anti-histaminique, qui a en plus la propriété d'entrainer un certain assèchement des sécrétions des voies aériennes. Chez les sujets très anxieux, il peut parfois être nécessaire d'avoir recours au Pentobarbital ou au PHénobarbital.

Chez certains malades, la perspective d'un examen endobronchique peut être un facteur d'angoisse très génante lors de la mise en place de la sonde,

...

d'où la nécessité d'amener le sujet à une parfaite coopération en lui expliquent l'inocuité de l'examen, mais aussi son importance dans le bilan fonctionnel. L'attitude du médecin est donc un facteur essentiel de bonne réussite.

Le matin de l'examen, le patient reçoit une dose de un demi Multergan dans l'heure qui précède l'intubation, cette dose pouvant être augmentée, ou complêtée par un centigramme de Sulfate d'atropine en cas de sécrétions très abondantes.

b) La mise en place de la sonde :

doit être effectuée par un médecin expérimenté afin d'éviter les fausses routes et les réflexes de défense. Dans ce but, on doit d'abord procéder à une très bonne anesthésie du carrefour buco-pharyngé et de l'arbre trachéo-bronchique. A Chevilly-Larue, nous pratiquons l'anesthésie de la cavité buccale par des pulvérisations et des instillations de Xylocaîne à 5%, puis celle de la trachée et des bronches souches avec de la Xylocaîne à 2 %, mais en utilisant la seringue à canule courbe.

Dès que le patient ne tousse plus au contact de la drogue, on peut procéder à l'intubation. Cette manoeuvre demande une grande habitude, mais ne doit pas poser de grands problèmes si l'anesthésie est correcte, et si le sujet est coopérant.

La sonde que nous utilisons est du type de celle mise au point par CARLENS, à incurvation gauche. Elle est en latex souple, et son incurvation épouse parfaitement la configuration de la bronche souche gauche. Extérieurement, elle porte deux ballonets assurant l'étanchéité l'un situé au niveau de la trachée, (au dessus de l'orifice correspondant à la bronche droite) et l'autre situé dans la bronche gauche. De plus, elle

...

est munie d'un ergot qui assure son blocage sur l'éperon trachéal. Afin de franchir aisément les cordes vocales, l'ergot est lié au corps de la sonde par un noeud coulant qui est relaché une fois l'étage glotique passé, la progression se fait ensuite sans problèmes jusqu'au blocage.

L'impossibilité pour le patient de prononcer la voyelle "é", et la perception du courant de ventilation au débouché de la sonde, assurent l'expérimentateur de sa bonne position dans la trachée, et non dans l'oesophage. La radioscopie confirme cette bonne mise en place.

Le sujet est ensuite installé le dos à l'appareil semi-couché. Après quelques minutes de respiration à l'air libre, afin de s'habituer à la présence du cathéter, le sujet est relié au spirographe, les ballonets sont gonflés et l'étanchéité de l'ensemble controlé par les manipulatrices.

L'appareil utilisé à Chevilly-Larue est du type Pulmotest dans lequel circule un air enrichi en oxygène à un taux de 30 %.
Le gaz carbonique expiré est fixé sur de la chaux sodée, et l'étanchéité du circuit fermé est controlée plusieurs fois pendant l'enregistrement.

c) L'enregistrement :

commence par la respiration au repos pendant plusieurs minutes. Le graphique obtenu est composé de deux courbes correspondant aux deux poumons, sur lesquelles seront calculés, après l'enregistrement :

- le volume courant
- la consommation d'oxygène
- l'équivalent respiratoire

de chaque poumon.

...

A la fin de cette période, on procède à une ou deux mesures de la capacité vitale, par inspiration maximale suivie d'expiration maximale, puis inversement. La comparaison avec les chiffres obtenus lors de l'enregistrement global fait quelques jours auparavant, doit montrer que la somme des deux capacités vitales (droite plus gauche) s'approche de 80 % de la capacité vitale globale.

La deuxième phase de l'enregistrement est l'épreuve d'effort. Elle consiste en battements de jambes réguliers pendant trois minutes si le sujet peut soutenir cet exercice. Les mêmes mesures que pendant le repos sont effectuées.

L'effort met en jeu les réserves fonctionnelles pulmonaires, et on va pouvoir apprécier les réactions de chaque poumon. C'est des mesures effectuées durant cet exercice que dépendra, le plus souvent, la décision opératoire.

La consommation d'oxygène va notamment entrer en ligne de compte car si elle augmente toujours du côté sain, elle peut varier tant en plus qu'en moins du coté atteint.

Bien que parfois désagréable, chez les sujets dont l'équilibre fonctionnel est précaire, il nous parait indispensalbe de la tenter avant toute décision chirurgicale car elle réserve parfois de grandes surprises quand aux réserves de perfusion inapparentes, au repos, du poumon malade. Par contre, on ne peut trouver aucune mesure dynamique équivalente dans la scintigraphie de perfusion.

La dernière phase de l'enregistrement est constituée par le clampage, d'abord du coté malade puis du coté sain, si les données précédentes le permettent. Les enregistrements effectués durant cette période sont toujours les mêmes que dans les phases précédentes.

...

Cette épreuve a également apporté dans certains cas de grandes surprises quant aux possibilités du poumon pathologique.

Au total, nous constatons que la bronchospirométrie est un examen essentiellement dynamique, et permettant de se faire une idée précise à la fois dynamique et quantitative sur les réserves fonctionnelles du poumon pathologique.

	Fonction Spirom. globale		Bronchospirométrie Séparée			Scintigraphie		Pressions
	C.V.	V.E.M.S.		P.Dr.	P.Ga.	P.Dr.	P.Ga.	
AG...	-31%	- 41%	Repos	25%	75%	12%	88%	Discordance
			Effort	36%	64%			
HEN...	-23%	-43%	Repos	65%	35%%	95%	5%	Discordance
			Effort	77%	23%			
HY...	-30%	-38%	Repos	86%	14%	95%	5%	Discordance
			Effort	74%	26%			
BA...	-45%	-66%	Repos	74,4%	25,6%	96%	4%	Discordance
			Effort	82%	18%			
FO...	-12,5%	-20,7%	Repos	80%	20%	100%	Nulle	Discordance
			Effort	80%	20%			
RES	-26%	-36%	Repos	75,5%	24,5%	97%	3%	Discordance
			Effort	76%	24%			
SU...	-27%	-21%	Repos	76%	24%	100%	Nulle	Discordance
			Effort	74%	26%			
REN...	-11%	-15%	Repos	68%	32%	88%	12%	Discordance
			Effort	66%	34%			
MI...	-21%	-32%	Repos	60%	40%	72%	28%	Discordance
			Effort					
LOR...	- 5%	-4,5%	Repos	60%	40%	65%	35%	Concordance
			Effort	58%	42%			
MEU...	-30%	-20%	Repos	57%	43%	65%	35%	Concordance
			Effort	58%	42%			
ROU...	-27%	-57%	Repos	100%	0	100%	0	Concordance
			Effort	95%	5%			

TEB...	-36%	-37%	Repos Effort	41% 39%	59% 61%	40%	60%		Concordance
QUE...	Normal	Normal	Repos Effort	30% 32%	70% 68%	33%	67%		Concordance
LOU...	-22%	-15%	Repos Effort	51% 51%	49% 49%	62%	38%		Concordance
OG...	+14%	-18%	Repos Effort	54% 59%	46% 41%		Très inférieur	TA 13 APD 13 APG 13	Discordance
SA...	-25%	-25%	Repos Effort	82% 82%	18% 18%	97%	3%		Discordance
BO...	-62%	-64%	Repos Effort	54% 44%	46% 56%	66%	33%		Discordance
GE...	-29%	-24%	Repos Effort	77% 75%	23% 25%		inférieur	TA 14 APD 14 APG 14	Discordance
MAU...	-54%	-70%	Repos Effort	27% 25%	73% 75%		inférieure	TA 22 APD 22 APG 22	Discordance
RO...	Normal	Normal	repos Effort	50% 40%	50% 60%	Très inférieur			Discordance
GRA...	-42%	-56%	Repos Effort	17% 22%	83% 78%	très inférieur			Discordance
BEL...	- 8%	- 9%	Repos Effort	68% 70%	32% 30%	95%	5%	T. A 23 APD 23 APG 23	Discordance
BA...	-20%	- 1%	Repos Effort	86% 81%	14% 19%		Très inférieur		Discordance

PA...	-27%	-37%	Effort			inférieur			Discordance
DE.CA...	-37%	-64%	Repos Effort	53%	47%	40%	60%		Discordance
BLA...	Normal	Normal	Repos Effort	71% 66%	29% 33%	90%	10%		Discordance
MAL...	-19%	-20%	Repos Effort	83%	17%	100%	0		Discordance
AL...	- 7%	- 8%	Repos Effort	71%	29%		Très inférieur		Discordance
AC...	-15%	-29%	Repos EFfort	46% 44%	54% 56%	50%	50%	TA 20 API 30 APG 30	Concordance
RO...	-11,4%	-21,8M	Repos Effort	85,5%	14,5%	98%	2%	TA 13 APD 10 APG 14	Discordance
RE...	-15%	-22%	Repos Effort	40%	60%	40%	60%		Concordance
DJE...	-27%	-36%	Repos Effort	11% 10%	88% 40%	5%	95%		Concordance
CA...	+15%	+10%	Repos Effort	30% 35%	70% 65%	35%	65%		Concordance
AYA...	-53%	-65%	Repos Effort	0% 0%	100% 100%	0%	100%		Concordance
SRA...	+28%	-22%	Repos Effort	26% 34%	74% 66%	30%	70%		Concordance
St MA...	-50%	-55%	Repo Effo	94% 100%	6% 0%	100%	0%		Concordance

DU...	Normal	-18%	Repos	43%	57%	35%	65%	Concordance
			Effort	23%	77%			
DO...	-33%	-35%	Repos	100%	0%	100%	0%	Concordance
			Effort	100%	0%			
SE...	-40%	-40%	Repos	100%	0%	100%	0%	Concordance
			Effort	100%	0%			
LA...	-51%	-54%	Repos	15%	85%	15%	85%	Concordance
			Effort	15%	85%			
CA...	Normal	Normal	Repos	48%	52%	40%	60%	Concordance
			Effort	47%	53%			
BAC...	-20%	-54%	Repos	86%	14%	95%	5%	Concordance
			Effort	81%	19%			
AU...	-16%	Normal	Repos	80%	20%		Très inférieur	Discordance
			Effort	58%	42%			
REH...	-54%	-17%	Repos	26,5%	73,5%	30%	70%	Concordance
			Effort	35,5%	64,5%			
RE...	-34%	-13%	Repos	26%	74%	50%	50%	Discordance
			Effort	22%	78%			
OY...	-20%	Normal	Repos	81%	19%	80%	20%	Concordance
			Effort	77%	23%			

Résultats

L'analyse des résultats concernant la répartition de la perfusion pulmonaire déterminée par les deux méthodes nous a permis de faire les constations suivantes :

- 21 cas présentent une concordance parfaite ou acceptable des chiffres car l'écart des pourcentages de perfusion obtenus par les deux techniques reste inférieur à 12%.

- 37 cas présentent une discordance notable des chiffres, l'écart des pourcentages variant alors de 13% à 26%.

Notons que dans 10 cas cet écart s'accentue de 4% à 10% supplémentaires au cours de l'épreuve d'effort qui met en jeu les réserves fonctionnelles du sujet.

Les conditions dans lesquelles les bronchospirométries séparées sont effectuées à Chevilly-Larue nous permettent d'accorder une valeur incontestable aux chiffres obtenus.

Nous sommes donc amenés à penser que les discordances observées tiennent à la technique propre de la scintigraphie de perfusion.

De plus, on remarque que la consommation d'oxygène évaluée par bronchospirométrie est toujours plus élevée que celle obtenue par la scintigraphie, au niveau du poumon malade.
Il semble donc que les conditions hémodynamiques existantes lors de l'injection du produit radio-actif diffèrent de celles, sujettes à variations, qui apparaissent lors de l'examen bronchospirométrique.

En effet, la scintigraphie ne représente qu'une "photographie" de la radio-activité des macro-agrégats

...

bloqués dans les capillaires pulmonaires, quelques secondes après l'injection intra-veineuse. Dès le premier passage dans la petite circulation, la plus grande partie des macro-agrégats est bloquée ; leur migration obéit donc aux conditions hémodynamiques dominantes à l'instant précis de l'injection chez un sujet au repos et habituellement en décubitus.

Or il est bien connu que la distribution de la perfusion est susceptible de se modifier:

- soit avec la position du sujet sous l'influence de la pesanteur
- soit à l'effort, celui-ci se répercutant d'une manière différente sur les divers territoires pulmonaires ou différemment sur chaque poumon. R. BICAL et ses collaborateurs ont montré que les troubles de la ventilation ont une répercussion fonctionnelle sur la perfusion des territoires hypoventilés ; ainsi, au cours de l'effort, une meilleure ventilation entraine une amélioration de la perfusion.
- soit au cours des états pathologiques, et en particulier au cours des affections bronchopulmonaires chroniques.

Les résistances locales secondaires à un processus pathologiques, ou le dévellopement de néo-formations vasculaires sont susceptibles d'entrainer une augmentation des pressions artérielles dans les territoires malades.

Du fait de cette augmentation de pression, il se crée un "flux préférentiel" vers les zones de basse pression.

La concentration des macro-agrégats, qui était homogène au niveau du coeur droit et du tronc artériel pulmonaire, devient inégale entre les deux artères pulmonaires. On aurait ainsi une dérive des macro-agrégats qui seraient plus concentrés dans les zones de basse pression.

Cette hypothèse se trouve confirmée dans deux observations de patientes traités à Chevilly-Larue.

...

OBSERVATIONS

A) Melle SURR..., agée de 18 ans, est hospitalisée à Chevilly-Laruc Le 20 mars 1968, après un séjour dans le Service du Professeur DESBORDES au Hâvre, le tableau à l'entrée est c celui d'une tuberculose pulmonaire ulcéronodulaire aigue bacillifère.

- Les radiographies :

Poumon droit radiologiquement normal.
Poumon gauche présentant de multiples foyers excavés, infiltratifs et nodulaires dans la totalité du territoire lobaire supérieur.
Le traitement déjà mis en route au Hâvre, est repris, et comporte PAS intra-veineux, Streptomucine 1g par jour, INH 550 mg.

- Une bronchographie gauche est pratiquée avec du produit de contraste Hytrast, elle montre d'importantes altérations de la totalité des bronches du territoire lobaire supérieur, partiellement rétracté, et l'intégrité du lobe inférieur.

- La bronchospirométrie séparée est faite à Chevilly le 26.4.68, les valeurs obtenues sont les suivantes :

Examen global : C.V..... 2.160 ml (93,5% de la théorique)
VEMS/CV.. 86,2%

Poumon droit :
Repos : C.V..... 1.560 ml (72,2%)
consom.02....185 ml (75,5%)
Effort : Consom.02....700 ml (74,1%)

Poumon gauche :
Repos : C.V..... 600 ml (27,8%)
Consom.02....60 ml (24,5%)
Effort : Consom.02....245 ml (25,9%)

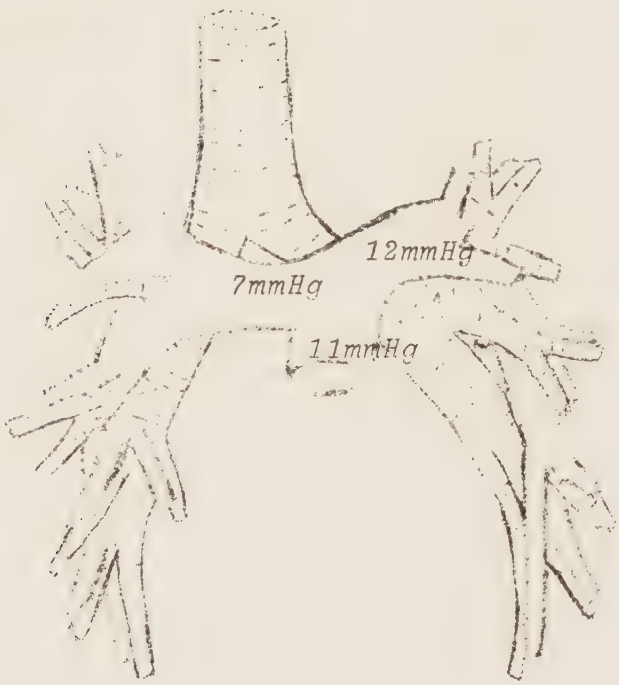
Epreuve d'hypoxie (clampage):
Poumon droit seul : Consom. 02...197 ml/mn
Poumon gauche seul: Consom. 02...170 ml/mn

SCINTIGRAPHIE :	*D.D.*	*P.G.*
Répartition de la fixation	*96 %*	*4 %*

B.S.S.

Répartition de la VO2

Repos	*75,5%*	*24,5%*
Effort	*74 %*	*26 %*



Pressions artérielles pulmonaires :

A.P..... 11mmHg

A.P.D..... 7mmHg

A.P.G..... 12mmHg

En conclusion, on constate que le poumon gauche pathologique assure le quart de la consommation globale d'oxygène, avec une légère amélioration à l'effort. Le clampage du poumon gauche montre la capacité du poumon droit à assurer à lui seul la consommation totale d'oxygène : par contre, le poumon gauche ne peut s'adapter aussi bien, et, au bout de deux minutes de clampage, on a du arrêter l'épreuve.

- La scintigraphie :

est pratiquée le 14.5.68 par injection de macro-agrégats marqués à l'Iode 131. ELle fait apparaitre une absence presque totale de perfusion du poumon gauche, où la fixation est de l'ordre de 2 à 3%.

L'ensemble de ces examens montre donc une discordance de 20% entre les pourçentages de perfusion de perfusion évalués par bronchospirométrie séparée et par scintigraphie. Discordance d'autant plus surprenante que la bronchographie avait montré l'intégrité du lobe inférieur, et laissait donc présager une certaine fixation à son niveau.

Le traitement poursuivi durant cinq mois s'avère efficace, et devant le bon nettoyage radiologique la sortie est autorisée le 2.8.68.

Un traitement complémentaire comportant INH et Trevintix est prescrit à la malade pour neuf mois, mais elle l'abandonne au bout de deux mois. Son état s'altère en quelques mois, et la reprise évolutive in situ des lésions est confirmée en octobre 1969.

Une nouvelle hospitalisation est décidée, et la malade revient à Chevilly le 19.11.1969.

Le traitement est immédiatement institué, et l'action conjuguée de la Rifadine, de l'INH et de l'Ethambutol

...

amène une amélioration rapide.

Ces circonstances permettent la reprise des investigations.

- La bronchospirométrie séparée montre des valeurs analogues à celles obtenues en 1968.

- La scintigraphie, effectuée par la même méthode, montre également une image identique à celle observée en 1968.

Nous retrouvons donc la même discordance de 20% que l'année précédente.

C'est alors que sont pratiqués deux autres examens :

- un cathétérisme droit : fait à l'Hopital St-Joseph ne montre pas de shunt gauche-droit, et donne les pressions étagées suivantes :

dans le tronc de l'artère pulmonaire : 11 mmHg
dans l'artère pulmonaire droite : 7 mmHg
dans l'artère pulmonaire gauche : 12 mmHg

- une ciné-angiographie veineuse :
montre que le tronc artériel gauche est normal, et que l'hypovascularisation pulmonaire gauche porte sur les branches. On ne note pas de décalage entre les temps d'injection artérielle des deux poumons.

Ces deux examens viennent donc confirmer l'existence d'une vascularisation appréçiable du poumon gauche, et sa valeur fonctionnelle non négligeable puisqu'il assure le quart de la consommation globale d'oxygène.

L'efficacité du traitement permet la sortie de la malade en février 1970, et l'abstention chirurgicale est finalement adoptée.

...

B) Melle ROG..., 18 ans, est hospitalisée à Chevilly en janvier 1974 pour tuberculose bacillifère de la bronche souche gauche, découverte en novembre 73 à la suite de nombreux épisodes de troubles respiratoires et d'accès fébriles. Après une hospitalisation en province, elle nous est adressée pour poursuivre le traitement par INH, Ethambutol et Rifampicine.

- Les radiographies d'entrée montrent un très important balancement madiastinal expiratoire vers la droite, et, une opacité calcifiée hilaire gauche.

- La bronchoscopie montre une sténose très sérrée de la bronche souche gauche 3 cm arrès la carène.

- La bronchographie gauche retrouve l'image de sténose, mais le produit de contraste (Hystrast) passe suffisamment pour montrer l'exclusion du culmen, un rétrécissement de la bronche alimentant la lingula, et une mauvaise injection des termino-basales. Le type de sténose permet d'envisager une éventuelle intervention préparatrice.

- La bronchospirométrie séparée :

est pratiquée le 4.4.74, et donne les chiffres suivants :

Examen global : C.V..... 2580 ml (80% de la théorique)
VEMS/CV... 70,5%

Poumon droit :

Repos : C.V..... 1.980 ml (76,7%)

...

Consom. O2..76,9%

Ventilation minute : 9400 ml/mn

Poumon gauche :

C.V..... 600 ml

Consom. O2..23,1%

Ventilation minute : 1.600 ml/mn

L'épreuve d'effort n'a pas pu être pratiquée.

On remarque ici que la ventilation du poumon gauche est très diminuée, mais que sa consommation d'oxygène à 23 % donne une équivalent respiratoire meilleur à gauche (2,6) qu'à droite (4,7).

- La scintigraphie

montre une exclusion totale du poumon gauche.

Dans cette observation, la discordance entre les pourcentages de perfusion par les deux méthodes et de 23%!

-Le cathétérisme droit est pratiqué le 24.4.74, et donne les pressions suivantes :

dans le tronc de l'artère pulmonaire : 13 mmHg

dans l'artère pulmonaire droite :10 mmHg

dans l'artère pulmonaire gauche : 14 mmHg

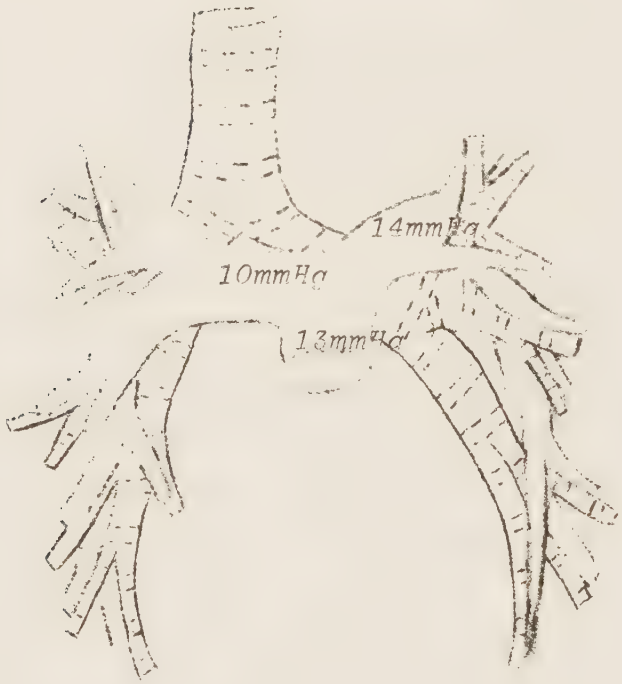
Les échantillons étagés ne font pas état de shunt gauche droit.

- La ciné-angiographie montre la perméabilité de l'artère pulmonaire gauche.

Devant la complexité des lésions, il parait préférable de reculer l'intervention à visée réparatrice au niveau de la bronche gauche, et, un traitement antibiotique est prescrit à la malade qui sort le 11.5.74. Ce traitement est en cours à l'heure actuelle, et il pourra être intéressant de reprendre les examens après

...

SCINTIGRAPHIE	P.D.	P.G.
Répartition de la fixation	100%	0%
B.S.S.		
Répartition de la VO2		
Repos	77%	23%
Effort	non pratiqué	



Pressions artérielles pulmonaires

A.P..... 13mmHg

A.P.D..... 10mmHg

A.P.G..... 14mmHg

l'intervention, si celle-ci peut être pratiquée.

Ces observations amènent plusieurs commentaires.

Dans les deux cas, la scintigraphie montre un poumon presque totalement absent, alors qu'à la bronchospirométrie, le poumon atteint assure une consommation d'oxygène non négligeable.
Ceci rejoint la constatation d'ordre plus général que nous avions faite en remarquant que la scintigraphie est toujours plus pessimiste que la bronchospirométrie.

La ciné-angiographie montre dans les deux cas, l'existence d'une vascularisation du coté pathologique, elle est donc en contradiction avec la scintigraphie.
On peut expliquer cette discordance en étudiant la technique d'injection lors des deux examens. En effet, l'injection est de faible volume, et lente au cours de la scintigraphie, par contre elle est de volume plus important et très rapide lors de la ciné-angiographie.
On peut penser que cette injection massive de produit de contraste perturbe complètement les conditions hémodynamiques préexistantes. Il se produit une rupture provisoire du déséquilibre des pressions artérielles entre les deux poumons, et la suppression du flux préférentiel vers les zones saines.
On obtient ainsi une image plus proche de la vérité de la circulation par ciné-angiographie que par scintigraphie de perfusion.

Le résultat de ces controles angiographiques se rapproche donc plutôt des constations spirométriques. Mais on ne pourrait avoir la confirmation de ces hypothèses que si on pouvait enregistrer les pressions dans les troncs pulmonaires au cours du premier temps de l'angiographie, controle qui n'a encore jamais été pratiqué à notre connaissance.

...

CONCLUSIONS

La confrontation des résultats de la scintigraphie de perfusion à l'Iode 131 et de la bronchospirométrie séparée, chez 48 patients atteints de bronchopneumopathies chroniques, fait ressortir une discordance certaine dans plus de la moitié des cas.

La scintigraphie de perfusion à l'Iode 131 est un enregistrement "statique", traduisant la fixation des macro-agrégats bloqués au niveau des pré-capillaires presque immédiatement après leur injection. Celle-ci se faisant au repos et à un régime hémodynamique stable, les macro-agrégats s'acheminent d'une manière préférentielle vers le coté sain ou le moins atteint, c'est à dire vers le côté des moindres pressions artérielles pulmonaires.

Nous avons à plusieurs reprises constaté, comme dans les observations rapportées, une légère augmentation des pressions pulmonaires artérielles, liée aussi bien à l'hypoventilation qu'aux remaniements lésionnels du côté malade, qu'il y ait ou non développement secondaire d'une circulation systémique.

Ce déséquilibre pourrait donc expliquer la défaillance relative de la scintigraphie, qui se traduit par une moindre fixation de l'isotope au niveau du poumon déficient, laissant ainsi supposer des réserves vasculaires inférieures à celles réellement existantes, celles-ci ne pouvant être mises en évidence que lors de la sollicitation créée par l'effort.

La bronchospirométrie séparée reste par contre, une exploration plus physiologique, plus dynamique, plus étalée dans le temps, se poursuivant aussi bien au repos qu'à l'effort, et donc sous un régime hémodynamique sujet à variations.

...

Elle permet ainsi par la mesure de laconsommation d'oxygène, l'évaluation sans erreurs de la perfusion de chaque poumon.

Nous pensons donc, que dans le bilan fonctionnel, et plus encore dans le bilan d'opérabilité, la scintigraphie de perfusion à l'Iode 131 est loin de donner des informations aussi précises que la bronchospirométrie séparée.

B I B L I O G R A P H I E

1 - R. BICAL, B. GAMAIN, J. COBY, A. MAUREL et J. MATHEY :
La vascularisation des poumons tuberculeux
Revue de la Tuberculose et de Pneumologie 1966, T 30, n° 5-6 (p. 623-631)

2- S. BJORKMAN
Eine klinische methode die funktion der menschlichen lungengetrennt und gleichzeitag zu untersuchen.
Acta Medica Scandinavica, 1934, sup. 56.

3- S. BJORKMAN, E. CARLENS
La fonction pulmonaire pendant le repos et l'exercice dans les maladies du poumon. Etude spirométrique.
Semaine des Hopitaux, 1950, n°65, 3258.

4- D. BRILLE, C. HATZFELD, P. KOURILSKY
Valeurs des techniques endobronchiques pour l'exploration fonctionnelle des poumons séparés.
Les Bronches, 1955.

5- H. BROCARD, P. DRUTEL, M. LE DU, P. SOLLIGNAC
L'apport de l'examen spirographique des poumons séparés dans le pronostic pré-opératoire des cancers bronchiques primitifs. Etude de 41 cas. Les
Les Bronches 13, 1963, p. 107-115.

6- E. CARLENS
A new flexible double lumen catheter for bronchospirométrie
The Journal of Thoracic Surgery 18, 1949, PP. 742-746.

7- E. CARLENS and G. DAHLSTROM
The clinical evaluation of broncospirometry with special reference to posture and exercise.
The American Revue of Respiratiru Diseases 83, 1961, pp 202 207.

...

8- M. CASTILLON DU PERRON, M. LANOOTE, P. CHATARD, J. LECHIEN
Le test d'hypoxie pulmonaire unilatérale en chirurgie thoracique. Journal Français de Medecine et Chirurgie Thoracique 13, 1959, pp. 75-82.

9- P. CHADOURNE, et A. PINELLI
Tracé broncospirométrique après amputation accidentelle de la circulation pulmonaire.
Pathologie et Biologie 6, 1958, pp. 589-590.

10- R. CHEVAIS, A. LIERMAIN et R. CASTAING
Les variations de la perfusion pulmonaire au cours de l'épreuve d'hypoxie unilatérale.
Journal Français de Médecine et Chirurgie Thoracique 16, 1962, pp. 471-479.

11- G. DUMON, M-T BROUILLET-GABRIEL, J.F DUMON, M. LEONARDELLI et ALLAN
Scintigraphie pulmonaire (Administration d'isotopes par aérosols et par voie intra-veineuse)
Journal Français de Médecine et Chirurgie Thoracique, 1967.

12- P. FREOUR et Coll.
La circulation artérielle pulmonaire en pneumo-phtysiologie (Etude broncospirométrique, scintigraphique et angiographique)
Revue de Tuberculose et de Pneumologie, 1966, T.30, n°4
pp: 373-392.

13- J. IOANNOU, L. DUCHET-SUCHAUX, G. PARENT et P. CHADOURNE
Intérêt de l'épreuve d'effort au cours de la bronchospirométrie séparée.
Journal de Médecine et Chirurgie Thoracique, 1968, pp. 631-643.

...

14- J. IOANNOU, L. DUCHET-SUCHAUX, G.PARENT et P. CHADOURNE
La scintigraphie pulmonaire peut-elle réellement se substituer à la bronchospirométrie séparée dans le bilan fonctionnel des bronchopneumopathies chroniques.
Revue de Tuberculose et de Pneumologie, 1969, 33, n°1, pp: 77-94.

15- H.C. JACOBEUS, P. FRENCKNER and S. BJORKMAN
Some attempts at determining volume and function of each lung separately.
Acta Medica Scandinavica, 79, 1932, pp. 171-174.

16- H.C. JACOBEUS
Broncospirometry. A review of present experiences and some further investigation.
The Journal of Thoracic Surgery. 1938, pp; 235-261.

17- H.C. JACOBEUS and T. BRUCE
Broncospirometric study on ability of human lungs to substitute for one another.
Acta Medica Scandinavica, 105, 1940, pp. 193-241.

18- E. KATEB et Coll.
Comparaison entre examens pulmonaires usuels et scintigraphies
Revue de la Tuberculose et de Pneumologie, 1966, T.30, n° 9-10, pp. 1023-1032.

19- E. KATEB, O. MONOD, J. GEST et B. DEBAUD
Etude clinique des scintigraphies à l'iode 131.
Journal Français de Medecine et Chirurgie Thoracique. 1967.

20- P. LAVAL, J. VIGNE, R. ROSSELLO, J.P. KLEISBAUER (Marseille)
Intérêt de la scintigraphie pulmonaire en physio-pathologie respiratoire Journal Français de Médecine et Chirurgie Thoracique, 1967.

...

21- J. LECHIEN, M. CASTILLON DU PERRON, R. ISRAEL-ASSELAIN, P. HERTZOG (Suresnes)
Etude fonctionnelle pré-opératoire de 163 sujets porteurs d'un cancer bronchique primitif (dont 105 avec étude bronchospirométrique).

22- P. LEVI-VALENSI, R. DESJARDIN (Amiens)
H. GIROULLE, A. BRIC (Chauny)
DEBEAUX, GEST(Paris
Résultats comparés de la scintigraphie pulmonaire, de l'angiopneumographie et de la broncho-spirométrie chez les insuffisants respiratoires chroniques.
Journal Français de Medecine et Chirurgie Thoracique 1967 21, pp. 755-768.

23- P. OUDET et Coll.
Concordances entre la scintigraphie pulmonaire et la bronchospirométrie. Journal Français de Médecine et Chirurgie Thoracique, 1967, 21, pp. 769-779

24- PINNER, G.C. LEINER, and WA ZAVOD
Bronchospirometry
Annal of Internal Medecine 1945, 22, pp. 704-718.

25- P. SADOUL, M. CARA et P. BRAUN
La bronchospirométrie ou séparation des airs
Le Poumon. 1953, 9, pp. 723-731.

26- G. V TAPLIN, E.E. DORE, and D.E. JOHNSON
Suspensions of radioalbumin aggregates for photoscanning liver, spleen, lung, and other organs.
U.S.Atomic Energy Report U.C.L.A 1963, 519, Biology and Medecine T.I.D.

...

27- G.V. TAPLIN, N.D. POE

A dual lung scanning technique for evaluation of pulmonary function Radiology, 1965, 85, 364.

28- R. VANROUX et P. DRUTEL

Etude bronchospirographique des poumons séparés. Traité de Biologie appliquée (H.R. OLIVIER) Tome 4, fasc; B, 1970.

29- G. W WRIGHT, W. WOODRUFF

Bronchospirography : ventilation and oxygen absorption of normal and diseased lung during N2 respiration in oppisite lung.

Journal of Thoracic Surgery, 11, n°3, pp. 278-287.